

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

Sugihara, Masaki et al.
January 18, 2001
Buch, Stewart, Krasch, & Blum
(703) 275-8000
2611-0131P
1081



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2000年 1月19日

出願番号
Application Number:

特願2000-011027

出願人
Applicant(s):

三菱電機株式会社

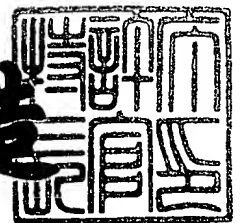
2

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3098441

【書類名】 特許願

【整理番号】 521086JP01

【提出日】 平成12年 1月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/00
H04J 14/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 杉原 隆嗣

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 金城 馨

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 清水 克広

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803092

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長多重光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長多重化されて伝送される光信号を所定チャンネルブロック毎に偏波モード分散補償する補償手段と、

前記光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する波長選択手段と、

前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する偏光解析手段と、

前記偏光解析手段の解析結果をもとに前記補償手段による各所定チャンネルブロック毎の偏波モード分散補償を制御する補償制御手段と、

を備えたことを特徴とする波長多重光伝送システム。

【請求項 2】 波長多重化されて伝送される光信号を所定チャンネルブロック毎に分波する分波器と、

前記分波器によって分波された光信号毎に偏波モード分散補償を行う複数の補償手段と、

各補償手段から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する複数の波長選択手段と、

各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する複数の偏光解析手段と、

各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御する複数の補償制御手段と、

を備えたことを特徴とする波長多重光伝送システム。

【請求項 3】 波長多重化されて伝送される光信号を各チャンネル毎に分波する分波器と、

前記分波器によって分波された光信号を所定チャンネルブロック毎に合波する合波器と、

前記合波器によって合波された光信号毎に偏波モード分散補償を行う複数の補償手段と、

各補償手段から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する複

数の波長選択手段と、

各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する複数の偏光解析手段と、

各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御する複数の補償制御手段と、

を備えたことを特徴とする波長多重光伝送システム。

【請求項 4】 波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に分波する分波器と、

前記分波器によって分波された光信号毎に偏波モード分散補償を行う複数の補償手段と、

各補償手段から出力された各光信号を合波する合波器と、

前記合波器から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する波長選択手段と、

前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する偏光解析手段と、

前記偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御する複数の補償制御手段と、

を備えたことを特徴とする波長多重光伝送システム。

【請求項 5】 前記偏光解析手段は、ジョーンズマトリクス法を用いて偏波モード分散の解析を行うことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の波長多重光伝送システム。

【請求項 6】 前記偏光解析手段は、ポアンカレ球法を用いて偏波モード分散の解析を行うことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の波長多重光伝送システム。

【請求項 7】 前記偏光解析手段は、SOP法を用いて偏波モード分散の解析を行うことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の波長多重光伝送システム。

【請求項 8】 前記波長選択手段は、

入力される光信号の中から所望波長をもつ光信号をフィルタリングする波長可

変光フィルタと、

前記光信号のフィルタリングする波長を掃引する掃引制御手段と、
を備えたことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一つに記載の波長多重光伝送システム。

【請求項 9】 前記波長選択手段は、
入力される複数の光信号の中から所望の光信号を切替出力する光スイッチと、
前記光スイッチの切替を制御する切替制御手段と、
を備えたことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一つに記載の波長多重光伝送システム。

【請求項 1 0】 波長多重された光信号を送信する光送信器と、
波長多重された光信号を受信する光受信器と、
前記光送信器と前記光受信器との間を接続する光伝送路と、
を備え、
少なくとも前記補償手段または前記複数の補償手段は、前記光伝送路上または前記光伝送路上の終端に 1 以上設けられることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一つに記載の波長多重光伝送システム。

【請求項 1 1】 前記波長選択手段および前記偏光解析手段は、前記光伝送路の終端または終端近傍に設けられることを特徴とする請求項 1 0 に記載の波長多重光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

この発明は、波長多重化された光信号を超高速超長距離光伝送を行う際に該光信号の品質を劣化させる偏波モード分散特性を補償する機能を有した波長多重光伝送システムに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

異なる屈折率をもつ物質中を光が進むとき、この屈折率の大小によって、物質中における光の伝搬速度が異なる。また、入射光の偏波方向が異なる場合、屈折

率の異なる材料（異方性材料）中における光の伝搬は、材料中における偏波の状態に応じ、材料通過後の遅延時間が異なるという現象を生じさせる。ここで、材料中における各固有偏波方向に偏光した光に生じる遅延時間差を偏波モード分散（以下、「PMD」（Polarization Mode Dispersion）という）と呼ぶ。

【0003】

一般に、光伝送路で用いられるシングルモードファイバは、その長手方向に沿って局所的にわずかな異方性が生じている。したがって、このような異方性を有するファイバ中を光が伝搬すると、光信号は、この異方性が生じている箇所において、光信号が有する偏波方向に依存した遅延差が生じる。この偏波の違いによる遅延差が光伝送路内で蓄積されると、受信端における信号波形の劣化を引き起こすことになる。

【0004】

図10は、パルス幅がパルス間隔に等しいNRZ（Non-Return to Zero）信号の光伝送における1dBペナルティを引き起こす光伝送路のPMDの大きさと光伝送速度（ビットレート）との関係を示す図である。この図10に示す関係は、文献「偏波モード分散による光システムのフェージング（Fading in Lightwave Systems Due to Polarization-Mode Dispersion）」（C.D.Poole,R.W.Tkach,A.R.Chraplyvy,and D.A.Fishman著、IEEE Photonics Technology Letters,Vol.3,No.1,January 1991,pp.68-70）に記載された関係式をもとに作成したものである。

【0005】

すなわち、上記文献には、パワーペナルティが1dB劣化する時のPMDの大きさ $\Delta\tau$ と、NRZ信号のパルス幅 T （ $=1/B$ ：「 B 」はビットレートである）との関係を、次式（1）として示している。すなわち、

$$\Delta\tau/T \cong 0.4 \quad \cdots (1)$$

としている。この式（1）をもとに、パワーペナルティが1dB劣化する時のPMDの大きさ $\Delta\tau$ と、NRZ信号のビットレート B との関係を求めると、図10に示す結果となる。この結果、たとえば、40Gbit/sのNRZ信号を光伝送する場合、光伝送路のもつPMDを10ps以下に抑えなければならないことがわかる。

【0006】

一方、現実の光伝送路は、低PMDのファイバであっても平均 $0.1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ (km) 程度のPMDを有する。このことは、10000 km伝送後に10 ps程度のPMDが生じることを示す。さらに、光伝送路内におけるPMDは、その大きさが時間的に変動するという特性をもつ。したがって、光ファイバを敷設した後、PMDの時間的な変動に応じたPMD補償を行う必要がある。

【0007】

このPMDの時間的な変動に応じたPMD補償を行うためには、高速で精度の高いPMD検出を行う必要がある。高速で精度の高いPMD検出は、たとえば、少数の波長に対する偏光解析結果をもとにPMDの大きさを演算出力するジョーンズマトリクス (Jones Matrix) 法を用いることが有効である (特開平5-273082参照)。そのほか、ポアンカレ球法あるいはSOP法を用いた偏光解析結果をもとにPMDを検出することもできる。

【0008】

図11は、波長多重化された光信号に対してPMD補償を行う従来の波長多重光伝送システムの概要構成を示す図である。図11において、光伝送路110上には複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光信号が波長多重化されて伝送される。分波器111は、波長多重化された光信号を各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 毎 (チャンネル毎) に分波する。分波された各光信号は各チャンネルに対応したPMD補償回路112-1 \sim 112-nに入力され、PMDが補償される。各PMD補償回路112-1 \sim 112-nによってPMD補償された各チャンネルの光信号は、各チャンネル毎の光受信器113-1 \sim 113-nによる受信直前における光タップによって光信号の一部を取り出し、各PMD検出器114-1 \sim 114-nによって各チャンネルの波形歪みあるいは偏光状態がモニタされ、PMDが検出される。補償制御回路115-1 \sim 115-nは、各PMD検出器114-1 \sim 114-nのPMD検出結果をもとに、各チャンネルのPMDによる信号波形歪みが最小となるように、各PMD補償回路112-1 \sim 112-nを制御する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来の波長多重光伝送システムでは、各チャネル毎に PMD を検出し、補償するようにしているため、波長多重化数の増大に伴い、PMD 補償にかかる装置が大型化するという問題点があった。

【 0 0 1 0 】

また、上述したように、PMD は時間的な変動を伴うため、高速かつ高精度な PMD 検出および PMD 補償を行うことが要望される。

【 0 0 1 1 】

この発明は上記に鑑みてなされたもので、波長多重化された光信号の PMD 補償を高速かつ高精度に行うとともに、小型軽量化を実現することができる波長多重光伝送システムを得ることを目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、この発明にかかる波長多重光伝送システムは、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に偏波モード分散補償する補償手段と、前記光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する波長選択手段と、前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する偏光解析手段と、前記偏光解析手段の解析結果をもとに前記補償手段による各所定チャネルブロック毎の偏波モード分散補償を制御する補償制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

この発明によれば、補償手段が、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に一括して偏波モード分散補償し、波長選択手段が、前記光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、偏光解析手段が、前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、補償制御手段が、前記偏光解析手段の解析結果をもとに前記補償手段による各所定チャネルブロック毎の偏波モード分散補償を制御するようにしている。

【 0 0 1 4 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に分波する分波器と、前記分波器によって分波

された光信号毎に偏波モード分散補償を行う複数の補償手段と、各補償手段から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する複数の波長選択手段と、各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する複数の偏光解析手段と、各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御する複数の補償制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【0015】

この発明によれば、分波器が、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャンネルブロック毎に分波し、複数の補償手段が、前記分波器によって分波された光信号毎に偏波モード分散補償を行い、複数の波長選択手段が、各補償手段から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、複数の解析手段が、各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、補償制御手段が、各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御するようにしている。

【0016】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、波長多重化されて伝送される光信号を各チャンネル毎に分波する分波器と、前記分波器によって分波された光信号を所定チャンネルブロック毎に合波する合波器と、前記合波器によって合波された光信号毎に偏波モード分散補償を行う複数の補償手段と、各補償手段から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する複数の波長選択手段と、各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する複数の偏光解析手段と、各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御する複数の補償制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【0017】

この発明によれば、分波器が、波長多重化されて伝送される光信号を各チャンネル毎に分波し、合波器が、前記分波器によって分波された光信号を所定チャンネルブロック毎に合波し、複数の補償手段が、前記合波器によって合波された光信号毎に偏波モード分散補償を行い、複数の波長選択手段が、各補償手段から出力さ

れた光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、複数の偏光解析手段が、各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、複数の補償制御手段が、各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御するようにしている。

【 0 0 1 8 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に分波する分波器と、前記分波器によって分波された光信号毎に偏波モード分散補償を行う複数の補償手段と、各補償手段から出力された各光信号を合波する合波器と、前記合波器から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する波長選択手段と、前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析する偏光解析手段と、前記偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御する複数の補償制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

この発明によれば、分波器が、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に分波し、複数の補償手段が、前記分波器によって分波された光信号毎に偏波モード分散補償を行い、合波器が、各補償手段から出力された各光信号を合波し、波長選択手段が、前記合波器から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、偏光解析手段が、前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、複数の補償制御手段が、前記偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御するようにしている。

【 0 0 2 0 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、上記の発明において、前記偏光解析手段は、ジョーンズマトリクス法を用いて偏波モード分散の解析を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

この発明によれば、偏光解析手段による偏光解析処理をジョーンズマトリクス法を用い、PMD量の検出を高速かつ高精度に行うようにしている。

【 0 0 2 2 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、上記の発明において、前記偏光解析手段は、ポアンカレ球法を用いて偏波モード分散の解析を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

この発明によれば、偏光解析手段による偏光解析処理をポアンカレ球法を用い、PMD量の検出を高速かつ高精度に行うようにしている。

【 0 0 2 4 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、上記の発明において、前記偏光解析手段は、SOP法を用いて偏波モード分散の解析を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

この発明によれば、偏光解析手段による偏光解析処理をSOP法を用い、PMD量の検出を高速かつ高精度に行うようにしている。

【 0 0 2 6 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、上記の発明において、前記波長選択手段は、入力される光信号の中から所望波長をもつ光信号をフィルタリングする波長可変光フィルタと、前記光信号のフィルタリングする波長を掃引する掃引制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

この発明によれば、掃引制御手段が、波長可変光フィルタに入力された光信号のフィルタリング波長を掃引し、波長可変光フィルタが、連続的にフィルタリングした波長成分をもつ光信号を偏光解析手段に出力するようにしている。

【 0 0 2 8 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、上記の発明において、前記波長選択手段は、入力される複数の光信号の中から所望の光信号を切替出力する光スイッチと、前記光スイッチの切替を制御する切替制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

この発明によれば、切替制御手段が、光スイッチに入力される複数の光信号の中から所望の光信号を選択切替し、偏光解析手段に出力するようにしている。

【 0 0 3 0 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、上記の発明において、波長多重された光信号を送信する光送信器と、波長多重された光信号を受信する光受信器と、前記光送信器と前記光受信器との間を接続する光伝送路とを備え、少なくとも前記補償手段または複数の補償手段は、前記光伝送路上または前記光伝送路上の終端に 1 以上設けられることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

この発明によれば、光送信器と光受信器との間を接続する光伝送路上に、この光伝送路上を伝送する波長多重された光信号の PMD を所定チャネルブロック単位で補償する補償手段または複数の補償手段を 1 以上設け、光伝送路上における偏波モード間の結合が小さく、かつ非線形光学効果の影響が無視できる偏光状態で確実に PMD 補償を行うようにしている。

【 0 0 3 2 】

つぎの発明にかかる波長多重光伝送システムは、上記の発明において、前記波長選択手段および前記偏光解析手段は、前記光伝送路の終端または終端近傍に設けられることを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

この発明によれば、波長選択手段および偏光解析手段を光伝送との終端または終端近傍に設け、光受信器による受信特性が良好となるように、光伝送路上に設けられた補償手段による PMD 補償を制御するようにしている。

【 0 0 3 4 】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる波長多重光伝送システムの好適な実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 3 5 】

実施の形態 1 .

まず、この発明の実施の形態 1 について説明する。図 1 は、この発明の実施の

形態 1 である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。図 1 において、この波長多重光伝送システムは、各チャネルに対応した複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をもつ光信号を伝送する光伝送路 1 0 a, 1 0 b 間に分波器 1 1 と合波器 1 2 とを介在させる。分波器 1 1 は、光伝送路 1 0 a から入力された光信号を、1 以上のチャネルをもつチャネルブロック毎に分波し、各チャネルブロックに対応した複数の PMD 補償回路 1 3 に出力する。たとえば、1 番目のチャネルブロックには、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ ($1 < m < n$) をもつ光信号が出力される。

【 0 0 3 6 】

各 PMD 補償回路 1 3 は、入力された各チャネルブロック毎に波長多重化された光信号の PMD を一括して補償し、この PMD 補償された光信号を合波器 1 2 に出力する。合波器 1 2 は、各チャネルブロック毎に PMD 補償された光信号を合波し、複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をもつ波長多重化された光信号として光伝送路 1 0 b 上に出力する。

【 0 0 3 7 】

各 PMD 補償回路 1 3 から出力された光信号は、それぞれ光タップ 1 4 を介して各光信号の一部が取り出され、各 PMD 検出器 1 5 内の各波長可変フィルタ 1 7 に入力される。各 PMD 検出器 1 5 は、波長可変フィルタ 1 7、掃引制御部 1 8 および偏光解析部 1 9 を有する。波長可変フィルタ 1 7 は、掃引制御部 1 8 による波長掃引によって、フィルタリング出力すべき波長が可変となる。波長可変フィルタ 1 7 によってフィルタリングされた波長をもつ光信号は、偏光解析部 1 9 によって偏光解析される。偏光解析部 1 9 は、ジョーンズマトリクス法を用いて偏光解析し、PMD 計算を行う。

【 0 0 3 8 】

ジョーンズマトリクス法は、少なくとも異なる二つの波長成分をもつ光のストークスパラメータを求め、さらにこのストークスパラメータからジョーンズマトリクスを求め、このジョーンズマトリクスの値をもとに、入力された光信号の偏光状態を決定し、PMD 量を算出する。

【 0 0 3 9 】

偏光解析部 1 9 は、PMD 計算に必要な波長成分を得るために、掃引制御部 1

8に対して波長掃引の指示を行うとともに、PMD計算結果を補償制御部16に出力する。補償制御部16は、入力されたPMD計算結果をもとにPMD補償回路13による補償量を制御し、PMDによる信号波形歪みが最小となるように制御する。なお、補償制御部16がPMD補償の制御を行う場合、偏光解析部19によるPMDの波長依存性をもとに最適なPMD補償を行うようにすることが好ましい。

【0040】

これによって、入力される波長多重化された光信号のPMD補償は、各チャンネルブロック単位で行われるため、PMD補償回路13、PMD検出器15および補償制御部16はそれぞれチャンネルブロック数の構成数で済み、システム全体の小型軽量化を実現することができる。また、偏光解析部19は、ジョーンズマトリクス法を用いてPMD検出を行うようにしているので、PMDの高速検出が可能となり、時間的に変動するPMDに対しても対応できる。

【0041】

なお、図1に示した波長多重光伝送システムでは、光伝送路10a、10b間に分波器11および合波器12を介在させ、光伝送路上における任意の位置でもPMD補償をできるようにしていたが、合波器12を設けず、PMD補償した光信号を受信するようにしてもよい。

【0042】

たとえば、図2は、この発明の実施の形態1である波長多重光伝送システムの変形例を示す図である。図2において、各PMD補償回路13によってPMD補償された光信号は、分波器21に入力される。分波器21は、各チャンネルブロック内の各チャンネルに対応した光信号に分波する。各分波された光信号は、各チャンネルに対応した受信器に接続される。たとえば、第1番目のチャンネルブロック（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ ）では、m個の光信号に分波され、分波された光信号は、各チャンネルに対応した光受信器22-1～22-mに入力される。

【0043】

なお、上述した偏光解析部19は、ジョーンズマトリクス法を用いてPMD検出を行うようにしていたが、これに限らず、ポアンカレ球法を用いた偏光解析あ

るいはSOP (State of Polarization) 法を用いた偏光解析を行うようにしてもよい。ポアンカレ球法は、ストークスパラメータをもとに、波長を変化させた時のポアンカレ球上の軌跡を求め、この軌跡の波長依存性をもとに光の偏光状態を決定し、PMD量を算出する。また、SOP法は、波長を変化させた時における、ストークスパラメータを用いて求められる偏光度の変化の大きさや変化の周期をもとに偏光状態を決定し、PMD量を算出する。

【0044】

この実施の形態1では、入力される波長多重化された光信号のPMD補償は、各チャンネルブロック単位で一括して行われるため、PMD補償回路13、PMD検出器15および補償制御部16はそれぞれチャンネルブロック数の構成数で済み、システム全体の小型軽量化を実現することができるとともに、ジョーンズマトリクス法などの偏光解析計算を用いたPMD検出を行うようにしているので、PMDの高速検出が可能となり、時間的に変動するPMDに対しても迅速に対処することができる。

【0045】

実施の形態2.

つぎに、この発明の実施の形態2について説明する。実施の形態1では、波長可変フィルタ17のフィルタリング波長を掃引制御部18によって掃引し、フィルタリングされた波長をもつ光信号のPMDを検出するようにしていたが、この実施の形態2では、PMD補償された各チャンネルの光信号をそれぞれ検出し、各検出された光信号を光スイッチで切り替え、切り替えられた各光信号のPMDを検出するようにしている。

【0046】

図3は、この発明の実施の形態2である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。図3において、この波長多重光伝送システムは、各チャンネルに対応した複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をもつ光信号を伝送する光伝送路10a, 10b間に分波器11aと合波器11bとを介在させる。分波器11aは、光伝送路10aから入力された光信号を各チャンネル毎に分波出力する。

【0047】

各PMD補償回路30は、分波器11aから出力された各チャネルの光信号のうちの1以上のチャネルの光信号を入力させ、各光信号を合波し、合波した光信号のPMDを一括して補償し、この補償した光信号を元の各チャネルの光信号に分波して出力する。たとえば、1番目のPMD補償回路30には、波長 λ_1 、 λ_2 をもつ光信号が出力され、PMD補償回路30は、各波長 λ_1 、 λ_2 をもつ光信号を合波し、この合波した光信号のPMDを一括して補償し、その後、波長 λ_1 、 λ_2 をもつ光信号に分波して出力する。なお、分波器11aは、分波器11と同様に各チャネルブロック毎に分波出力し、各PMD補償回路30は、この分波出力された光信号を一括してPMD補償し、その後各チャネルの光信号に分波出力するようにしてもよい。

【0048】

各PMD補償回路30から出力された各チャネルの光信号は、それぞれ光タップ31a、31bを介して各光信号の一部が取り出され、各PMD検出器32内の各光スイッチ33に入力される。各PMD検出器32は、光スイッチ33、切替制御部34および偏光解析部19を有する。光スイッチ33は、切替制御部34による切り替えによって、取り出された光信号を偏光解析部19に選択出力する。偏光解析部19は、ジョーンズマトリクス法を用いて偏光解析し、PMD計算を行う。偏光解析部19は、PMD計算に必要な波長成分をもつ光信号を得るために、切替制御部34に対して切替指示するとともに、PMD計算結果を補償制御部16に出力する。補償制御部16は、入力されたPMD計算結果をもとにPMD補償回路30による補償量を制御し、PMDによる信号波形歪みが最小となるように制御する。なお、偏光解析部19に入力される各チャネルの光信号をさらに短い波長間隔で掃引する必要がある場合には、偏光解析部19自体が、入力されたチャネルの光信号に対して、微小波長帯域を掃引して偏光解析する必要がある。

【0049】

各PMD補償回路30によってPMD補償された各チャネルの光信号は、合波器11bに出力される。合波器11bは、入力された各チャネルの光信号を合波し、光伝送路10bに出力する。

【0050】

これによって、入力される波長多重化された光信号のPMD補償は、各チャンネルブロック単位で行われるため、PMD補償回路30、PMD検出器32および補償制御部16はそれぞれチャンネルブロック数の構成数で済み、システム全体の小型軽量化を実現することができる。また、偏光解析部19は、ジョーンズマトリクス法を用いてPMD検出を行うようにしているので、PMDの高速検出が可能となるとともに、光スイッチ33による高速切替が可能であるため、PMDの検出を一層高速に行うことができ、時間的に変動するPMDに対しても十分対応できる。

【0051】

なお、図3に示した波長多重光伝送システムでは、光伝送路10a、10b間に分波器11aおよび合波器11bを介在させ、光伝送路上における任意の位置でもPMD補償をできるようにしていたが、合波器11bを設けず、PMD補償した光信号を受信するようにしてもよい。

【0052】

たとえば、図4は、この発明の実施の形態2である波長多重光伝送システムの変形例を示す図である。図4において、各PMD補償回路30によってPMD補償された各チャンネルの光信号は、そのまま各チャンネルに対応した光受信器22-1、22-2に入力される。これによって、各光受信器は、波長多重化された光信号に対してPMD補償された各チャンネルの光信号として受信することができる。

【0053】

なお、上述した偏光解析部19は、ジョーンズマトリクス法を用いてPMD検出を行うようにしていたが、これに限らず、ポアンカレ球法を用いた偏光解析あるいはSOP法を用いた偏光解析を行うようにしてもよい。なお、ポアンカレ球法およびSOP法のいずれも、波長掃引を行う必要がある。偏光解析部19において、一層細かな波長間隔での掃引が必要となった場合には、偏光解析部19自体が、入力されたチャンネルの光信号に対し、微小波長帯域を掃引して偏光解析する必要がある。

【 0 0 5 4 】

この実施の形態 2 では、入力される波長多重化された光信号の PMD 補償は、各チャネルブロック単位で一括して行われるため、PMD 補償回路 3 0、PMD 検出器 3 2 および補償制御部 1 6 はそれぞれチャネルブロック数の構成数で済み、システム全体の小型軽量化を実現することができるとともに、ジョーンズマトリクス法などの偏光解析計算を用いた PMD 検出および光スイッチ 3 3 による高速切替を行うようにしているので、PMD の検出を一層高速に行うことができ、時間的に変動する PMD に対しても迅速に対処することができる。

【 0 0 5 5 】

実施の形態 3.

つぎに、この発明の実施の形態 3 について説明する。実施の形態 1 では、分波器 1 1 によって分波された各チャネルブロック毎の光信号に対して PMD 補償回路 1 3 が一括して PMD 補償するようにしていたが、この実施の形態 3 では、任意のチャネルをまとめたの光信号に対して PMD 補償を一括して行うようにしている。

【 0 0 5 6 】

図 5 は、この発明の実施の形態 3 である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。図 5 において、この波長多重光伝送システムは、各チャネルに対応した複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をもつ光信号を伝送する光伝送路 1 0 a, 1 0 b 間に分波器 1 1 a と合波器 1 1 b とを介在させる。分波器 1 1 a は、光伝送路 1 0 a から入力された光信号を各チャネル毎に分波出力する。

【 0 0 5 7 】

各合波器 4 0 は、分波器 1 1 a によって分波された各チャネルの光信号の中から任意のチャネルの光信号を組み合わせて合波出力する。たとえば、1 番目の合波器 4 0 は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ をもつチャネルの光信号を合波出力するようにしている。

【 0 0 5 8 】

各 PMD 補償回路 1 3 は、合波器 4 0 から出力された光信号の PMD を一括して補償し、合波器 1 1 b に出力する。合波器 1 1 b は、各 PMD 補償回路 1 3 か

ら入力された光信号を合波し、合波した光信号を光伝送路 1 0 b 上に出力する。

【 0 0 5 9 】

一方、各 PMD 補償回路 1 3 から出力された光信号は、光タップ 1 4 を介して光信号の一部が取り出され、各 PMD 検出器 1 5 内の波長可変フィルタ 1 7 に入力される。各 PMD 検出器 1 5 は、波長可変フィルタ 1 7、掃引制御部 1 8 および偏光解析部 1 9 を有する。波長可変フィルタ 1 7 は、掃引制御部 1 8 による波長掃引によって、各チャネルに対応する波長の光信号を偏光解析部 1 9 に選択出力する。偏光解析部 1 9 は、ジョーンズマトリクス法を用いて偏光解析し、PMD 計算を行う。偏光解析部 1 9 は、PMD 計算に必要な波長成分をもつ光信号を得るために、掃引制御部 1 8 に対して掃引指示するとともに、PMD 計算結果を補償制御部 1 6 に出力する。補償制御部 1 6 は、入力された PMD 計算結果をもとに PMD 補償回路 1 3 による補償量を制御し、PMD による信号波形歪みが最小となるように制御する。

【 0 0 6 0 】

これによって、入力される波長多重化された光信号の PMD 補償は、任意のチャネル毎にまとめられた各チャネルブロック単位で行われるため、PMD 補償回路 3 0、PMD 検出器 3 2 および補償制御部 1 6 はそれぞれ各チャネルの特性に合わせたチャネルブロック数の構成数で済み、システム全体の小型軽量化を実現することができる。また、偏光解析部 1 9 は、ジョーンズマトリクス法を用いて PMD 検出を行うようにしているので、PMD の高速検出が可能となり、PMD の検出を高速に行うことができ、時間的に変動する PMD に対しても対応できることになる。

【 0 0 6 1 】

なお、図 5 に示した波長多重光伝送システムでは、光伝送路 1 0 a、1 0 b 間に分波器 1 1 a および合波器 1 1 b を介在させ、光伝送路上における任意の位置でも PMD 補償をできるようにしていたが、合波器 1 1 b を設けず、PMD 補償した光信号を受信するようにしてもよい。

【 0 0 6 2 】

たとえば、図 6 は、この発明の実施の形態 3 である波長多重光伝送システムの

変形例を示す図である。図6において、各PMD補償回路13によってPMD補償された光信号は、各チャンネルブロックに対応する分波器21に入力され、各チャンネル毎の光信号に分波される。各チャンネルの光信号に分波された光信号は、各チャンネルに対応した光受信器22-1～22-mに入力される。これによって、各光受信器は、波長多重化された光信号に対してPMD補償された各チャンネルの光信号として受信することができる。

【0063】

なお、上述した実施の形態3では、実施の形態1に対応して、PMD検出器15が波長可変フィルタ17を用いるようにしていたが、実施の形態2に対応させた光スイッチによって各チャンネルの光信号の偏光解析を行うようにしてもよい。この場合、PMD補償回路13は、一括補償された光信号をさらに任意の各チャンネル毎の光信号に分波して出力する。また、光タップ14に対応する光タップを各チャンネルの光信号毎に設け、各光タップによって取り出された各チャンネルの光信号を光スイッチに入力するようにする。また、この場合、各分波器21は不要となり、PMD補償回路13から出力された各チャンネルの光信号は、そのまま光受信器22-1～22-mに入力される。

【0064】

また、上述した偏光解析部19は、ジョーンズマトリクス法を用いてPMD検出を行うようにしていたが、これに限らず、ポアンカレ球法を用いた偏光解析あるいはSOP法を用いた偏光解析を行うようにしてもよい。

【0065】

この実施の形態3では、入力される波長多重化された光信号のPMD補償は、任意のチャンネルを組み合わせた各チャンネルブロック単位で一括して行われるため、PMD補償回路13、PMD検出器15および補償制御部16はそれぞれ任意のチャンネルを組み合わせたチャンネルブロック数の構成数で済み、システム全体の小型軽量化を実現することができるとともに、ジョーンズマトリクス法などの偏光解析計算を用いたPMD検出を行うようにしているので、PMDの検出を高速に行うことができ、時間的に変動するPMDに対しても迅速に対処することができる。

【 0 0 6 6 】

実施の形態 4.

つぎに、この発明の実施の形態 4 について説明する。実施の形態 1 ～ 3 では、いずれも各チャンネルブロック数に対応した PMD 補償回路 1 3, 3 0、PMD 検出器 1 5, 3 2 および補償制御部 1 6 を設けるようにしていたが、この実施の形態 4 では、一つの PMD 検出器のみによって波長多重された光信号の PMD 補償を行うようにしている。

【 0 0 6 7 】

図 7 は、この発明の実施の形態 4 である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。図 7 において、この波長多重光伝送システムは、各チャンネルに対応した複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をもつ光信号を伝送する光伝送路 1 0 a, 1 0 b 間に分波器 1 1 と合波器 1 2 とを介在させる。分波器 1 1 は、光伝送路 1 0 a から入力された光信号を 1 以上のチャンネルブロック毎に分波出力する。

【 0 0 6 8 】

分波器 1 1 と合波器 1 2 との間には各チャンネルブロック数 (k) に対応した個数の PMD 補償回路 1 3 - 1 ～ 1 3 - k が設けられる。各 PMD 補償回路 1 3 - 1 ～ 1 3 - k は、分波器 1 1 から出力された各チャンネルブロックの光信号の PMD を一括補償し、合波器 1 2 に出力する。合波器 1 2 は、入力された各チャンネルブロック毎の光信号を合波し、光伝送路 1 0 b 上に出力する。

【 0 0 6 9 】

合波器 1 2 から出力された光信号は、光タップ 5 4 を介して光信号の一部が取り出され、PMD 検出器 5 5 の波長可変フィルタ 5 7 に入力される。PMD 検出器 5 5 は、波長可変フィルタ 5 7、掃引制御部 5 8 および偏光解析部 5 9 を有する。波長可変フィルタ 5 7 は、掃引制御部 5 8 による波長掃引によって、全チャンネルに対応する波長の光信号を偏光解析部 5 9 に選択出力する。偏光解析部 5 9 は、ジョーンズマトリクス法を用いて偏光解析し、PMD 計算を行う。偏光解析部 5 9 は、PMD 計算に必要な波長成分をもつ光信号を得るために、掃引制御部 5 8 に対して掃引指示するとともに、PMD 計算結果を補償制御部 1 6 - 1 ～ 1 6 - k に出力する。

【 0 0 7 0 】

補償制御部 1 6 - 1 ~ 1 6 - k は、各 PMD 補償回路 1 3 - 1 ~ 1 3 - k の個数に対応して設けられる。各補償制御部 1 6 - 1 ~ 1 6 - k は、偏光解析部 5 9 から入力される偏光解析結果をもとに、それぞれ対応する PMD 補償回路 1 3 - 1 ~ 1 3 - k に対する PMD 補償を制御し、各チャネルの PMD による信号波形歪みが最小となるように制御する。

【 0 0 7 1 】

なお、上述した実施の形態 4 では、実施の形態 1 に対応させた PMD 検出器 5 5 の構成を示したが、これに限らず、実施の形態 2 と同様に光スイッチを用いた PMD 検出器としてもよい。さらに、実施の形態 3 と同様に各 PMD 補償回路 1 3 - 1 ~ 1 3 - k が任意のチャネルを組み合わせたチャネルブロック毎に PMD 補償を行うようにしてもよい。

【 0 0 7 2 】

また、上述した偏光解析部 5 9 は、ジョーンズマトリクス法を用いて PMD 検出を行うようにしていたが、これに限らず、ポアンカレ球法を用いた偏光解析あるいは SOP 法を用いた偏光解析を行うようにしてもよい。

【 0 0 7 3 】

さらに、合波器 1 2 の後段に分波器を設け、各チャネル毎に分波し、この分波された光信号を各チャネルに対応する光受信器に入力するようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

これによって、入力される波長多重化された光信号の PMD 補償は、各チャネルブロック単位で行われるとともに、一つの PMD 検出器 5 5 を設けるのみで全チャネルに対する PMD 補償を行うことができるので、システム全体の小型軽量化を一層促進することができる。また、偏光解析部 5 9 は、ジョーンズマトリクス法などの偏光解析によって PMD 検出を行うようにしているので、PMD の高速検出が可能となり、時間的に変動する PMD に対しても対応できることになる。

【 0 0 7 5 】

実施の形態 5.

つぎに、この発明の実施の形態5について説明する。この実施の形態5では、光伝送路上に、図1、図3、図5、図7に示した構成のPMD補償器を複数配置するようにしている。

【0076】

図8は、この発明の実施の形態5である波長多重光伝送システムの全体構成を示す図である。図8において、この波長多重光伝送システムは、光送信器61と光受信器62との間を接続する光伝送路10a～10d上に複数のPMD補償器60a、60bを配置している。光伝送路10a～10d上には、複数のチャネルに対応し、複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ で多重化された光信号が伝送される。

【0077】

各PMD補償器60a、60bは、たとえば図1に示した分波器11、合波器12、複数のPMD補償回路13、複数のPMD検出器15、複数の補償制御部16から構成される。このため、光伝送路10a～10d上を伝送する波長多重化された光信号は、各チャネルブロック単位でそれぞれ一括してPMD補償される。

【0078】

ところで、光伝送路10a～10d上における各偏波モード間の結合が小さく、また光伝送路10a～10d上における非線形光学効果の影響が小さい状態であれば、光受信器62の直前においてPMD補償を行うことによってPMDによる波形歪みの影響を取り除くことができるが、偏波モード間の結合が大きく、また非線形光学効果の影響が無視できない状態である場合は、光伝送路10a～10d上においてPMDによる偏波モード間の遅延差が一度でも生じると、それぞれの偏波モードが受ける非線形光学効果の大きさが異なり、さらに偏波モード間におけるパワーの結合が生じることから、各偏波モードの光信号波形は互いに異なったものとなり、光受信器62の直前においてPMD補償を行っても、光信号波形の再現を行うことが困難になってしまう。

【0079】

この実施の形態5では、光伝送路10a～10d上に複数のPMD補償器を配置するようにしているので、偏波モード間の結合が大きくなり、あるいは非線形

光学効果の影響が無視できなくなる以前にPMD補償を行うことが可能であり、これによって、光受信器62において光信号波形の再現を確実に行うことができる。特に、光伝送路10a～10dが長距離である場合に有効である。

【0080】

また、この実施の形態5では、各PMD補償器60a, 60bとして、図1、図3、図5および図7に示したPMD補償器を用いるようにしているので、PMD補償器60a, 60bを小型軽量化できるとともに、偏光解析部19, 59による偏光解析によってPMD検出を行うようにしているので、PMDの高速検出が可能となり、時間的に変動するPMDに対しても高速に対処することができることになる。

【0081】

実施の形態6.

つぎに、この発明の実施の形態6について説明する。上述した実施の形態5では、光伝送路10a～10d上に独立したPMD補償器60a, 60bを複数配置するようにしていたが、この実施の形態6では、実施の形態1～4に示したPMD補償回路13, 13-1～13-k, 30のいずれかを光伝送路10a～10d上に複数配置するようにしている。

【0082】

図9は、この発明の実施の形態6である波長多重光伝送システムの全体構成を示す図である。図9において、この波長多重光伝送システムは、光送信器61と光受信器62との間を接続する光伝送路10a～10d上にPMD補償回路70a, 70bを複数配置している。このPMD補償回路70a, 70bは、図1～図7に示したPMD補償回路13, 13-1～13-k, 30のいずれかを用いている。

【0083】

各PMD補償回路70a, 70bのPMD補償を制御するためのPMD検出は、PMD検出器75によって行われる。このPMD検出器75は、PMD検出器55と同じ構成である。PMD検出器75は、光受信器62の受信器端あるいは受信器近傍に配置され、光伝送路10d上に配置された光タップ77によって取

り出された光信号をもとに、偏光解析を行い、PMDの検出を行う。

【0084】

補償制御部76a, 76bは、PMD検出器75のPMD検出結果をもとに、それぞれPMD補償回路70a, 70bのPMD補償を制御する。各補償制御部76a, 76bは、補償制御16-1~16-kに対応した構成をもつ。

【0085】

なお、上述した実施の形態6では、全チャネルの光信号を一括して取り出し、この取り出した光信号をもとにPMD検出を行うPMD検出器75を用いるようにしているが、これに限らず、たとえば、各チャネルブロック単位で光信号を分波する分波器を設け、この分波器によって分波された光信号をもとにPMD検出を行うようにしてもよい。たとえば、図1~図6に示したPMD検出器15, 32を用いた構成としてもよい。

【0086】

この実施の形態6では、光受信器62の受信器端あるいは受信器近傍においてPMD検出を行い、このPMD検出結果をもとに、光伝送路10a~10d上に配置された複数のPMD補償回路を一括して制御するようにしているので、PMD検出器の構成が簡易となり、波長多重光伝送システムの構成の小型軽量化を一層促進することができるとともに、光受信器62の受信特性が最適となるPMD補償を行うことができる。また、PMD検出器75は、ジョーンズマトリクス法などの偏光解析によってPMD検出を行うようにしているので、PMDの高速検出が可能となり、時間的に変動するPMDに対しても高速に対処することができることになる。

【0087】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、補償手段が、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に一括して偏波モード分散補償し、波長選択手段が、前記光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、偏光解析手段が、前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、補償制御手段が、前記偏光解析手段の解析結果をもとに前記補償手段に

よる各所定チャンネルブロック毎の偏波モード分散補償を制御するようにしているので、波長多重化されて伝送される光信号に対してPMD補償を行う補償手段の個数が所定チャンネルブロック数となり、波長多重光伝送システムの小型軽量化を促進するとともに、偏光解析手段によってPMD量を算出するようにしているので高速かつ高精度のPMD補償が実現されるという効果を奏する。

【 0 0 8 8 】

つぎの発明によれば、分波器が、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャンネルブロック毎に分波し、複数の補償手段が、前記分波器によって分波された光信号毎に偏波モード分散補償を行い、複数の波長選択手段が、各補償手段から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、複数の解析手段が、各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、補償制御手段が、各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御するようにしているので、波長多重化されて伝送される光信号に対してPMD補償を行う補償手段の個数が所定チャンネルブロック数となり、波長多重光伝送システムの小型軽量化を促進するとともに、偏光解析手段によってPMD量を算出するようにしているので高速かつ高精度のPMD補償が実現されるという効果を奏する。

【 0 0 8 9 】

つぎの発明によれば、分波器が、波長多重化されて伝送される光信号を各チャンネル毎に分波し、合波器が、前記分波器によって分波された光信号を所定チャンネルブロック毎に合波し、複数の補償手段が、前記合波器によって合波された光信号毎に偏波モード分散補償を行い、複数の波長選択手段が、各補償手段から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、複数の偏光解析手段が、各波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、複数の補償制御手段が、各偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御するようにしているので、波長多重化されて伝送される光信号に対してPMD補償を行う補償手段の個数が所定チャンネルブロック数となり、波長多重光伝送システムの小型軽量化を促進するとともに、偏光解析手段によってPMD量を算出するようにしているので高速かつ高精度のPMD補償が

実現されるという効果を奏する。また、合波器を用いて、任意のチャンネルを組み合わせた所定チャンネルブロック毎に合波するようにしているので、所定チャンネルブロックを構成する各チャンネルの選択自由度が増大し、柔軟かつ効率的なPMD補償を実現することができるという効果を奏する。

【0090】

つぎの発明によれば、分波器が、波長多重化されて伝送される光信号を所定チャンネルブロック毎に分波し、複数の補償手段が、前記分波器によって分波された光信号毎に偏波モード分散補償を行い、合波器が、各補償手段から出力された各光信号を合波し、波長選択手段が、前記合波器から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力し、偏光解析手段が、前記波長選択手段によって波長選択された光信号をもとに偏波モード分散を解析し、複数の補償制御手段が、前記偏光解析手段の解析結果をもとに各補償手段による偏波モード分散補償を制御するようにしているので、波長多重化されて伝送される光信号に対してPMD補償を行う補償手段の個数が所定チャンネルブロック数となるとともに、波長選択手段および偏光解析手段はそれぞれ一つ設けるのみでよいので、波長多重光伝送システムの小型軽量化を一層促進することができるとともに、偏光解析手段によってPMD量を算出するようにしているので高速かつ高精度のPMD補償が実現されるという効果を奏する。

【0091】

つぎの発明によれば、偏光解析手段による偏光解析処理をジョーンズマトリクス法を用い、PMD量の検出を高速かつ高精度に行うようにしているので、PMDが時間的に変動する場合であっても、この変動に応答したPMD補償を実現することができるという効果を奏する。

【0092】

つぎの発明によれば、偏光解析手段による偏光解析処理をポアンカレ球法を用い、PMD量の検出を高速かつ高精度に行うようにしているので、PMDが時間的に変動する場合であっても、この変動に応答したPMD補償を実現することができるという効果を奏する。

【0093】

つぎの発明によれば、偏光解析手段による偏光解析処理をSOP法を用い、PMD量の検出を高速かつ高精度に行うようにしているので、PMDが時間的に変動する場合であっても、この変動に応答したPMD補償を実現することができるという効果を奏する。

【0094】

つぎの発明によれば、掃引制御手段が、波長可変光フィルタに入力された光信号のフィルタリング波長を掃引し、波長可変光フィルタが、連続的にフィルタリングした波長成分をもつ光信号を偏光解析手段に出力するようにしているので、一括してPMD補償すべきチャンネルブロック内の全波長帯域に対するPMDの波長依存性を容易に算出することができるという効果を奏する。

【0095】

つぎの発明によれば、切替制御手段が、光スイッチに入力される複数の光信号の中から所望の光信号を選択切替し、偏光解析手段に出力するようにしているので、一括してPMD補償すべきチャンネルブロック内の各チャンネル波長帯のPMDを簡易な構成によって算出することができる。

【0096】

つぎの発明によれば、光送信器と光受信器との間を接続する光伝送路上に、この光伝送路上を伝送する波長多重された光信号のPMDを所定チャンネルブロック単位で補償する補償手段または複数の補償手段を1以上設け、光伝送路上における偏波モード間の結合が小さく、かつ非線形光学効果の影響が無視できる偏光状態で確実にPMD補償を行うようにしているので、光受信器において光信号波形の再現を確実に行うことができるという効果を奏する。

【0097】

つぎの発明によれば、波長選択手段および偏光解析手段を光伝送との終端または終端近傍に設け、光受信器による受信特性が良好となるように、光伝送路上に設けられた補償手段によるPMD補償を制御するようにしているので、波長多重光伝送システムの小型軽量化を一層促進することができるとともに、光受信器において光信号波形の再現を確実に行うことができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。

【図 2】 図 1 に示した波長多重光伝送システムの変形例を示す図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 2 である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。

【図 4】 図 3 に示した波長多重光伝送システムの変形例を示す図である。

【図 5】 この発明の実施の形態 3 である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。

【図 6】 図 5 に示した波長多重光伝送システムの変形例を示す図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 4 である波長多重光伝送システムの構成を示す図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 5 である波長多重光伝送システムの全体構成を示す図である。

【図 9】 この発明の実施の形態 6 である波長多重光伝送システムの全体構成を示す図である。

【図 10】 NRZ 信号の光伝送における 1 dB ペナルティを引き起こす光伝送路の PMD の大きさと光伝送速度との関係を示す図である。

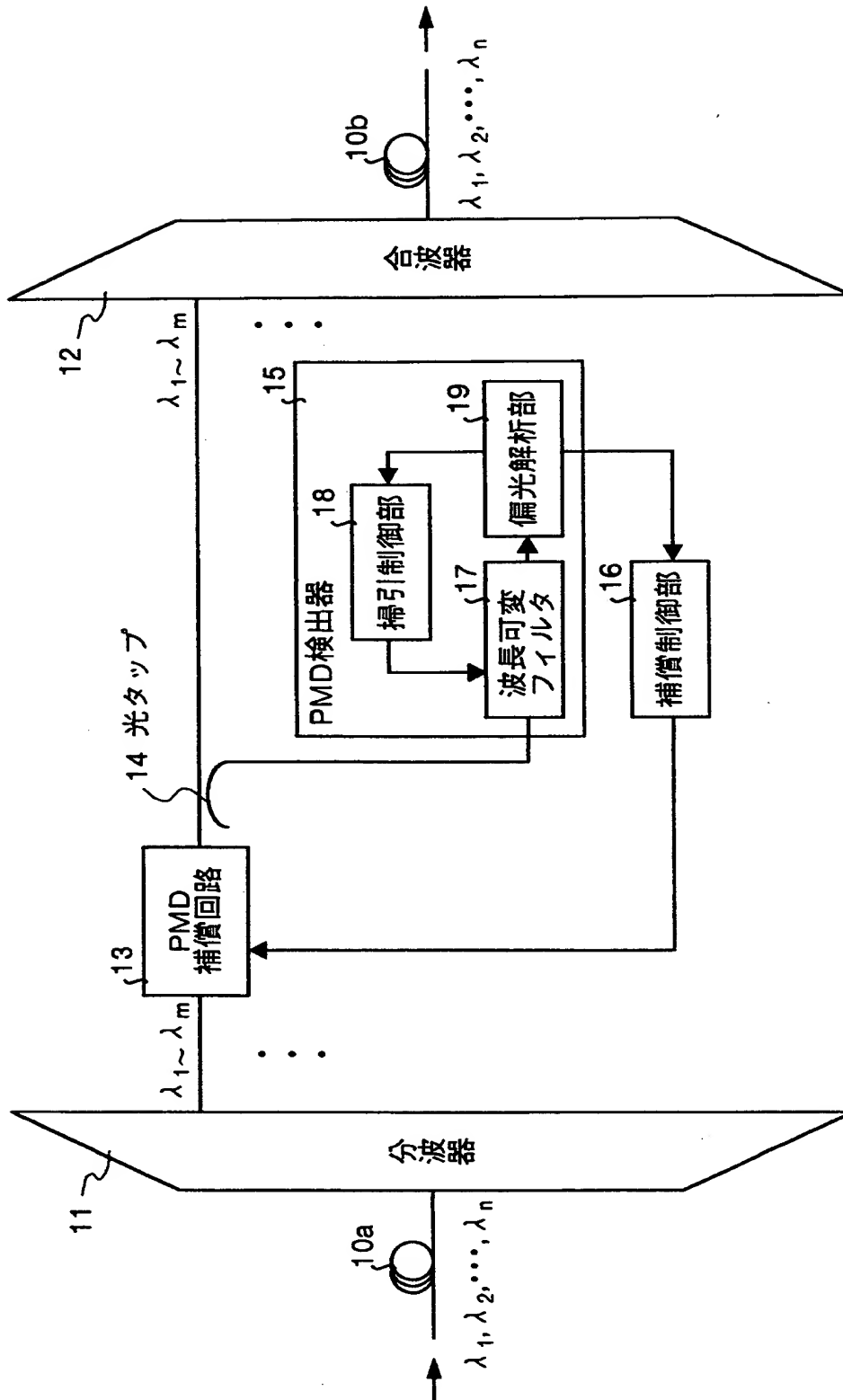
【図 11】 従来における波長多重光伝送システムの構成を示す図である。

【符号の説明】

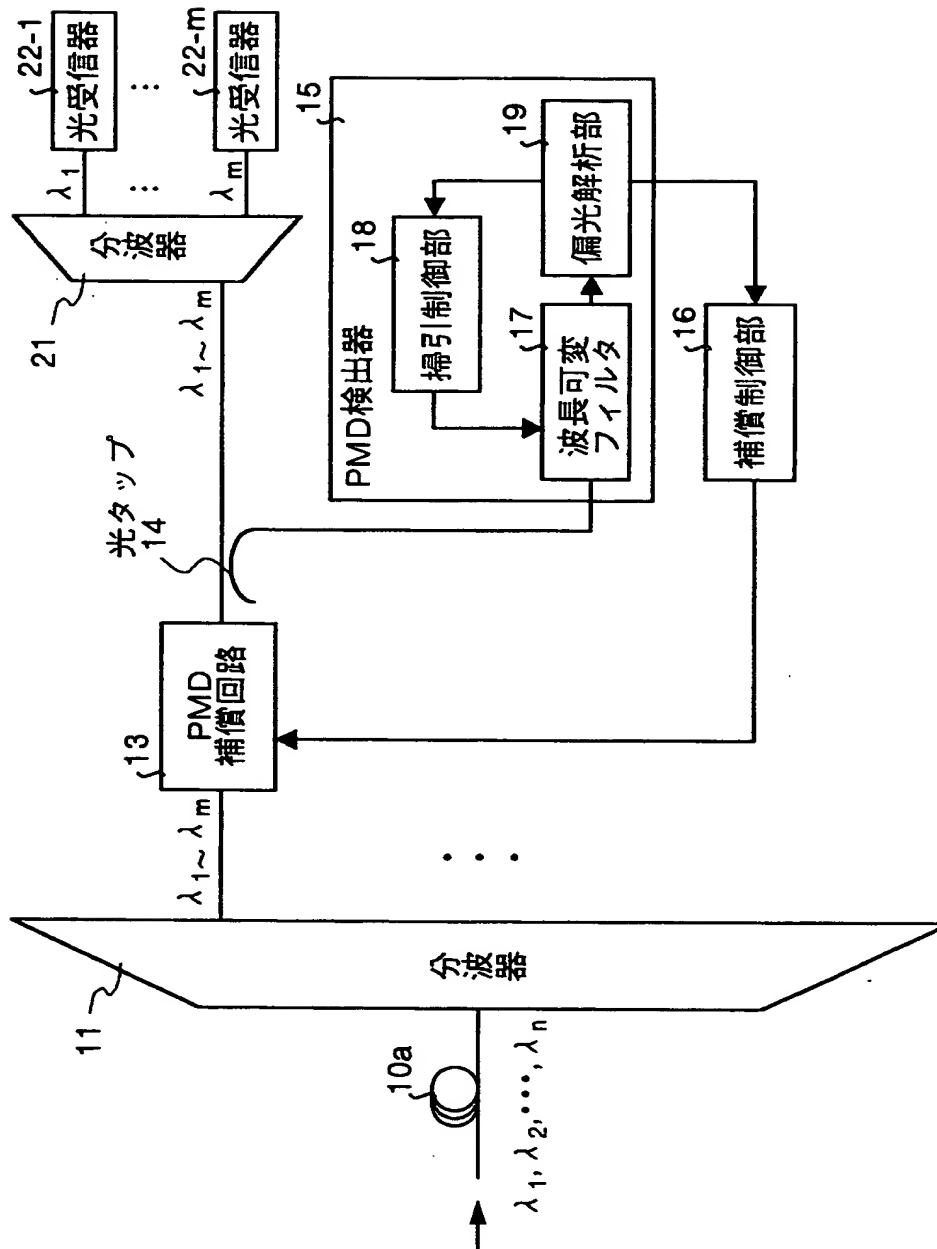
10 a ~ 10 d 光伝送路、11, 11 a 分波器、11 b, 12, 21, 40 合波器、13, 30, 13-1 ~ 13-k, 70 a, 70 b PMD 補償回路、14, 31 a, 31 b, 54, 77 光タップ、15, 32, 55, 75 PMD 検出器、16 補償制御部、17, 57 波長可変フィルタ、18, 58 掃引制御部、19, 59 偏光解析部、22-1 ~ 22-m, 62 光受信器、33 光スイッチ、34 切替制御部、60 a, 60 b PMD 補償器、61 光送信器、76 a, 76 b 補償制御部。

【書類名】 図面

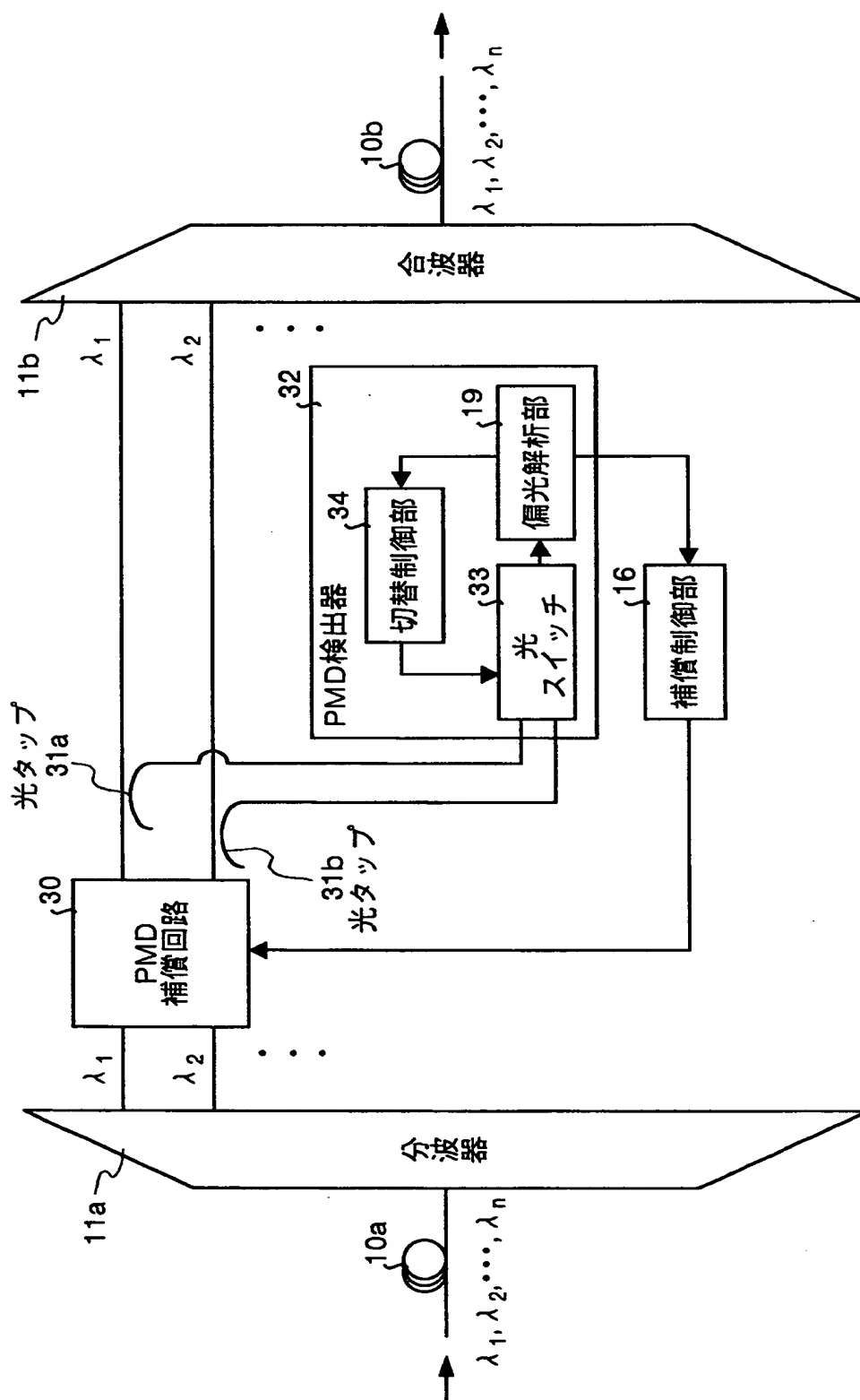
【図 1】



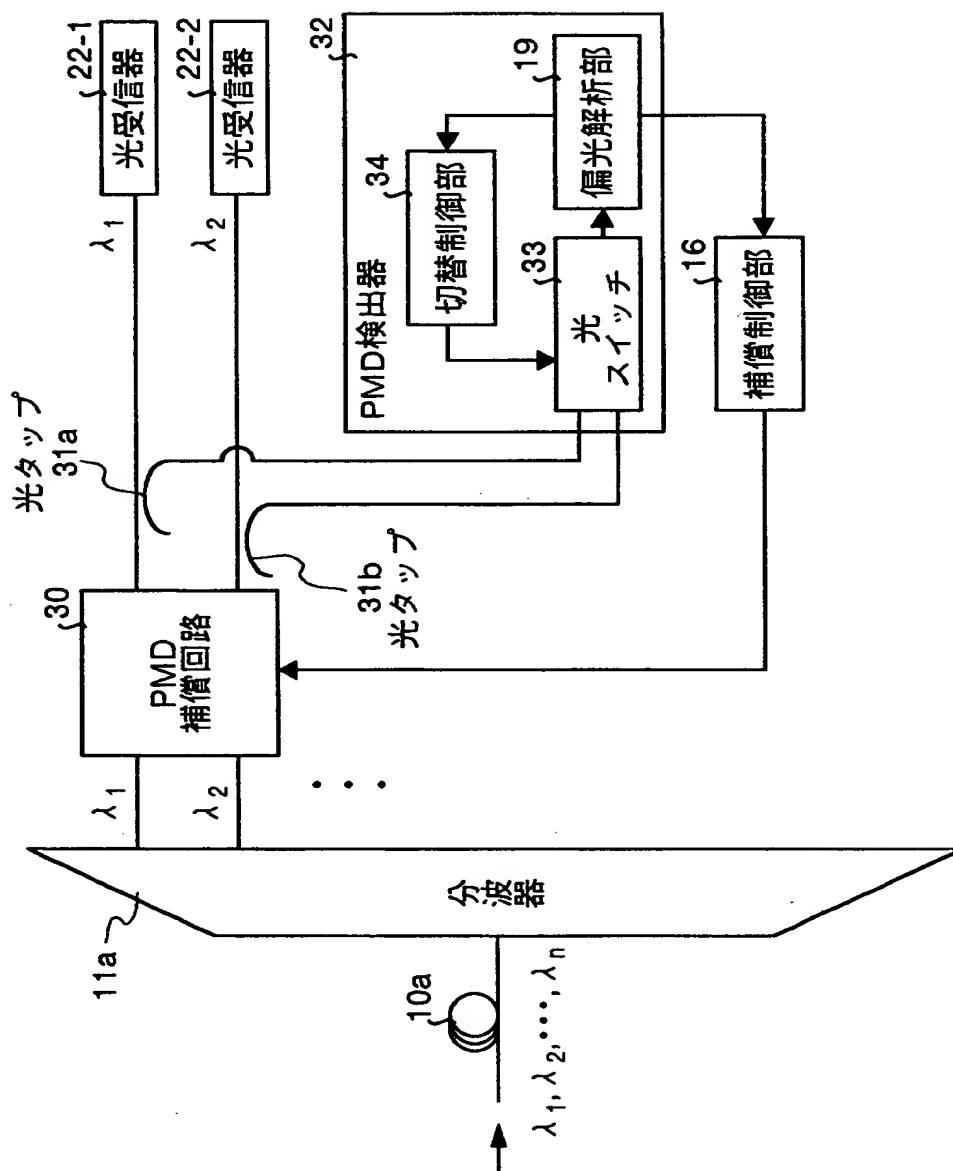
【図2】



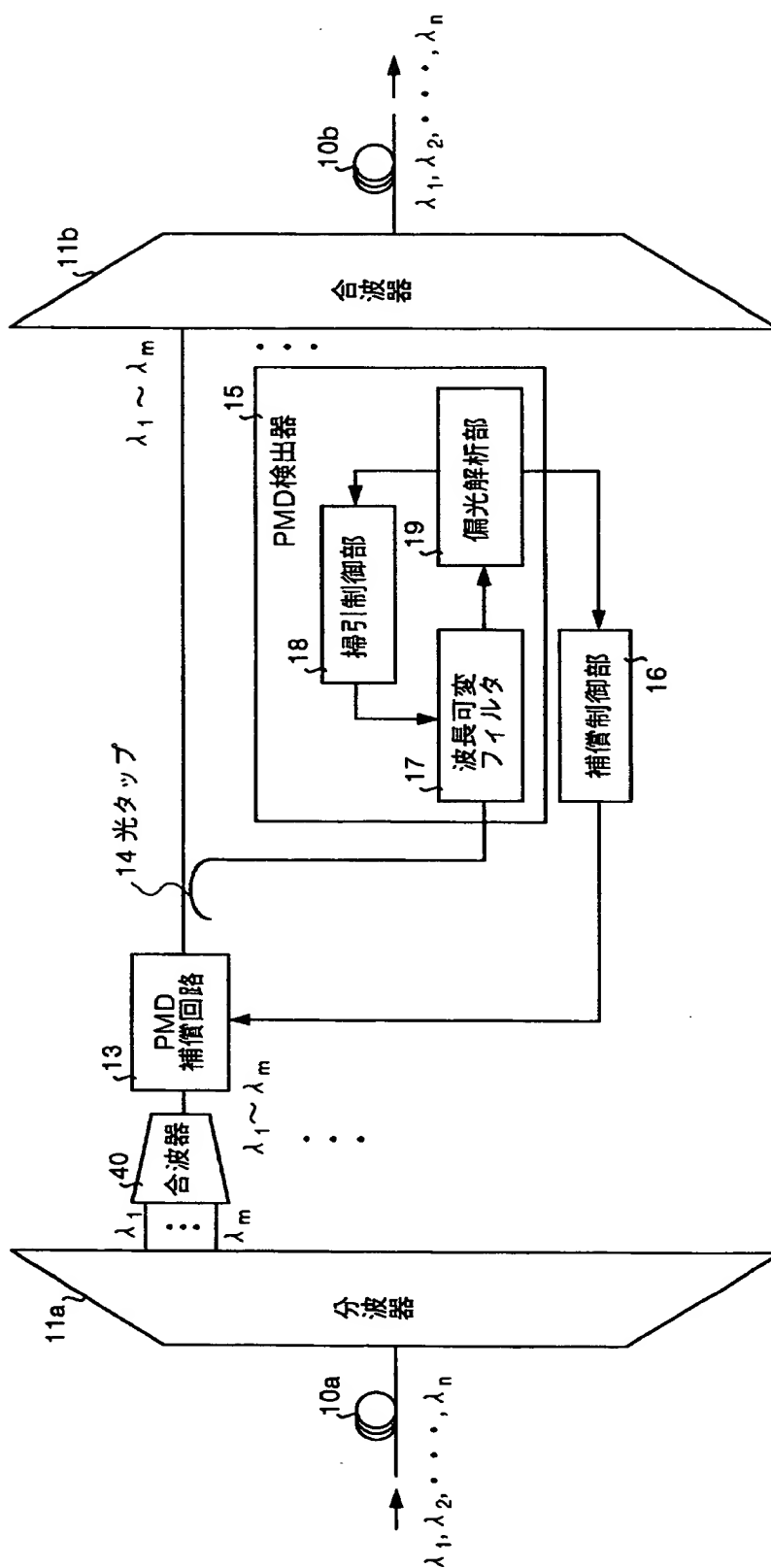
【図3】



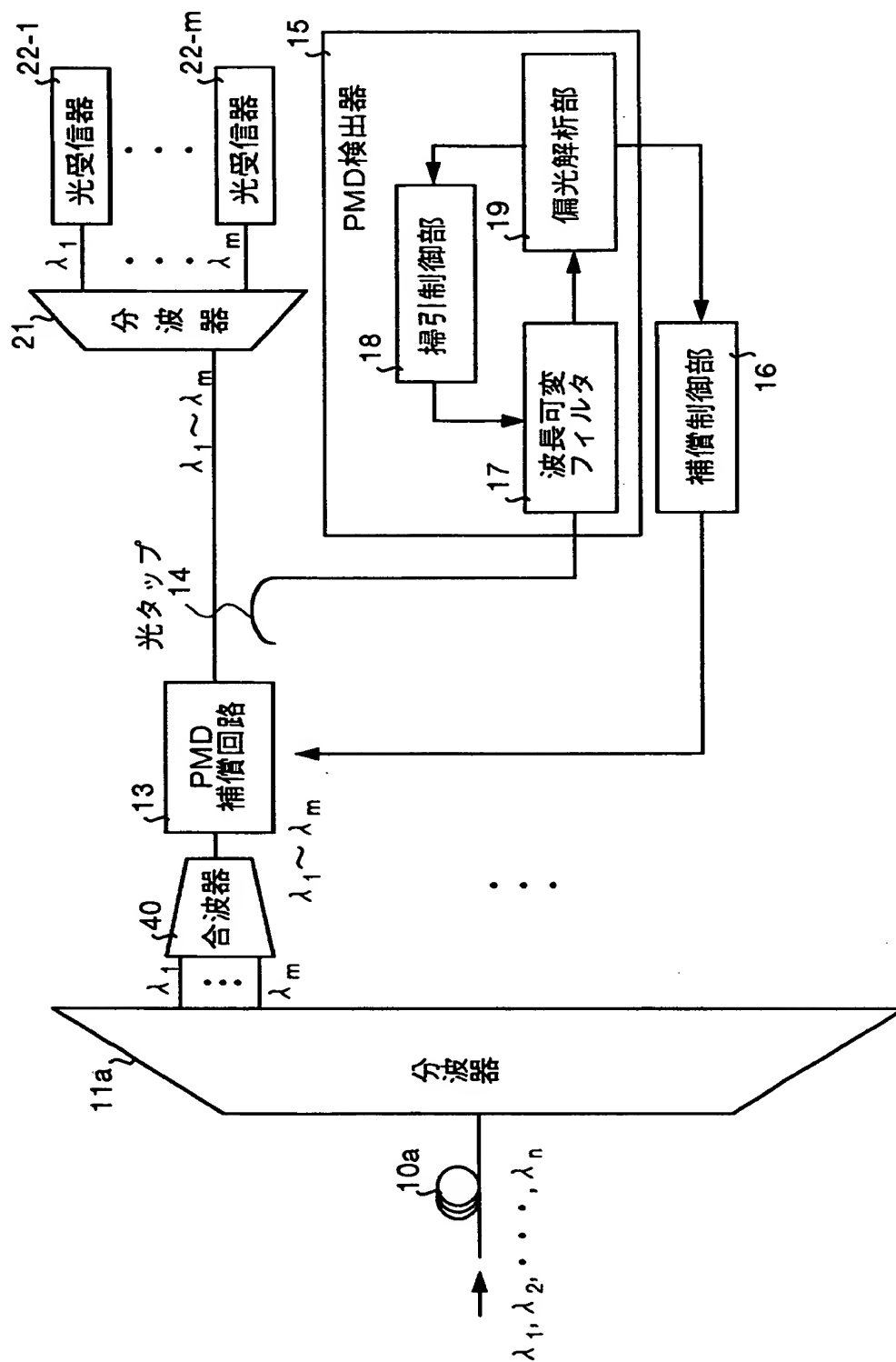
【図 4】



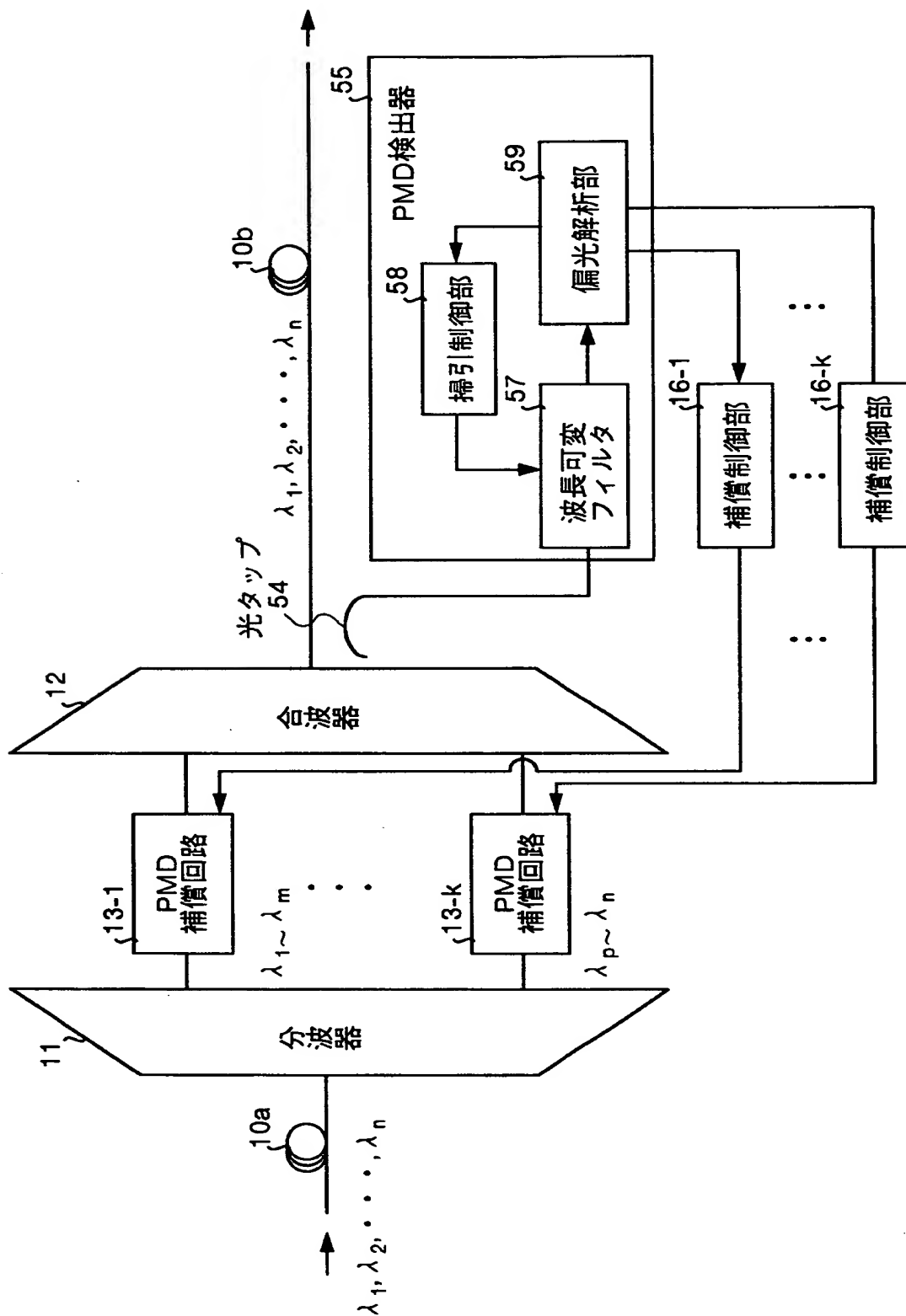
【図5】



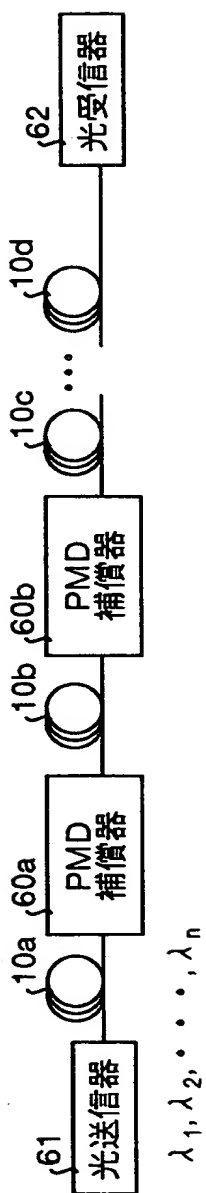
【図6】



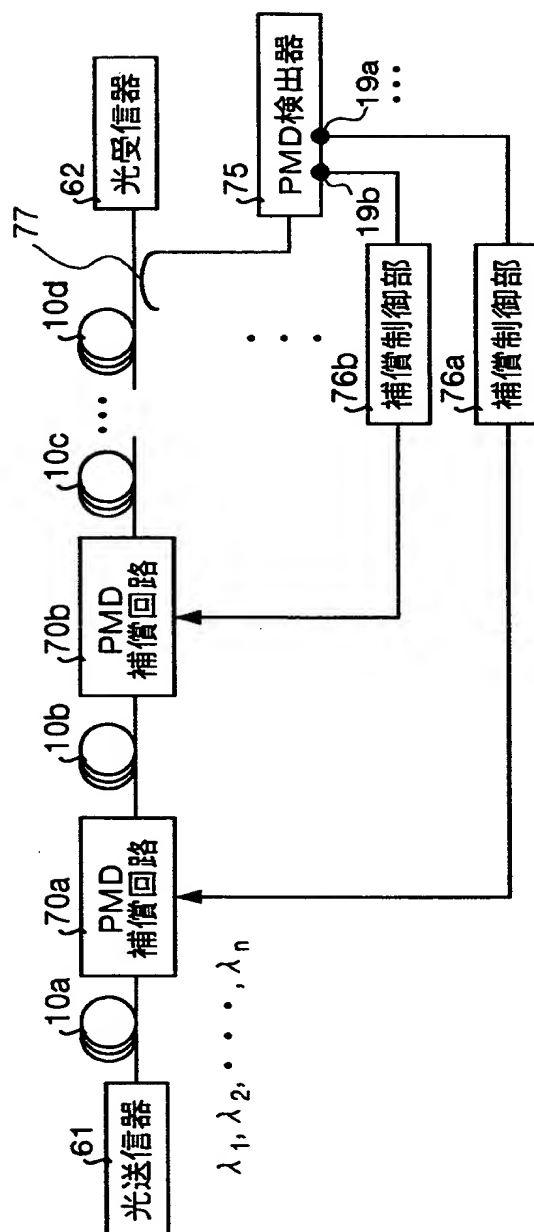
【図 7】



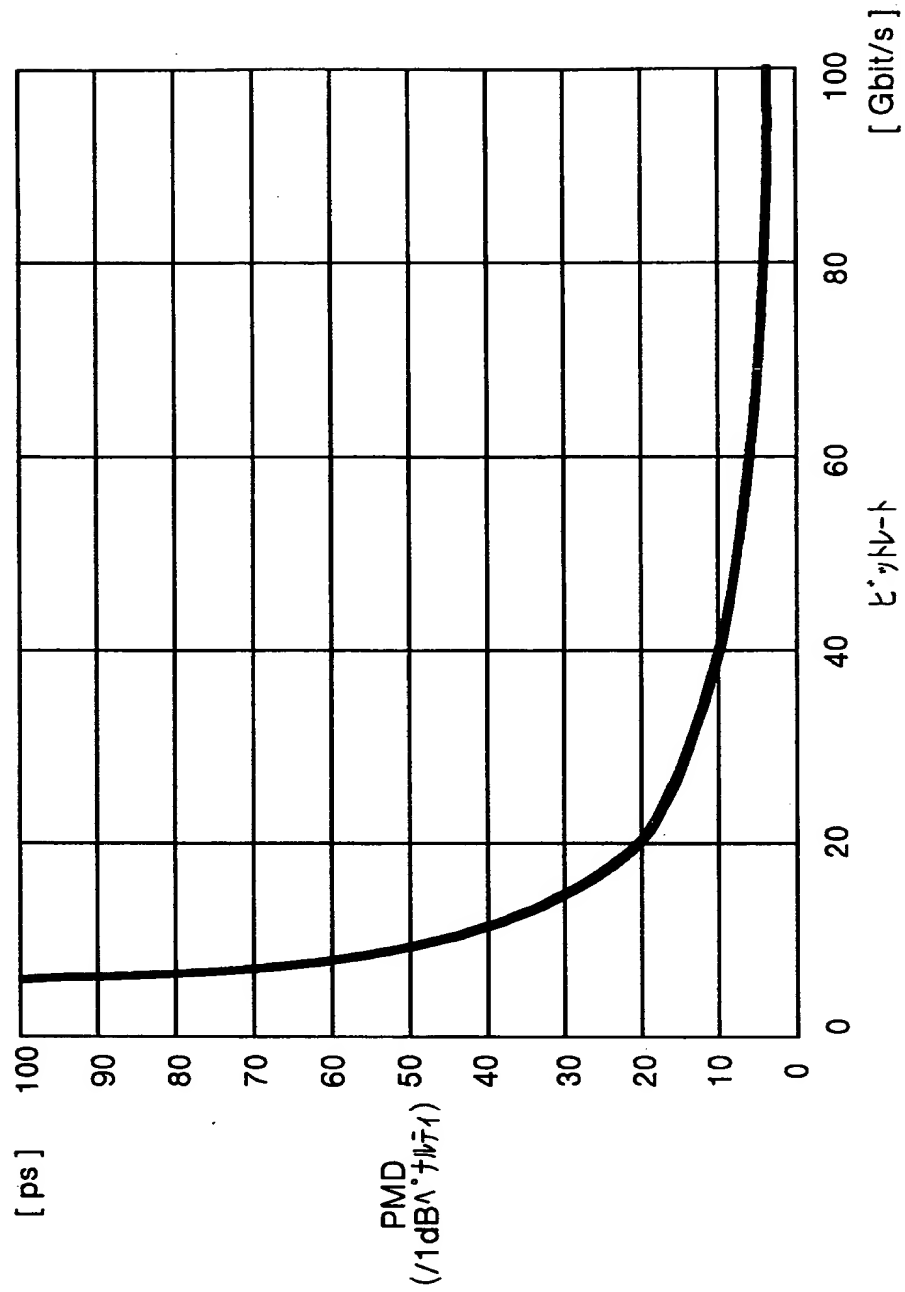
【図 8】



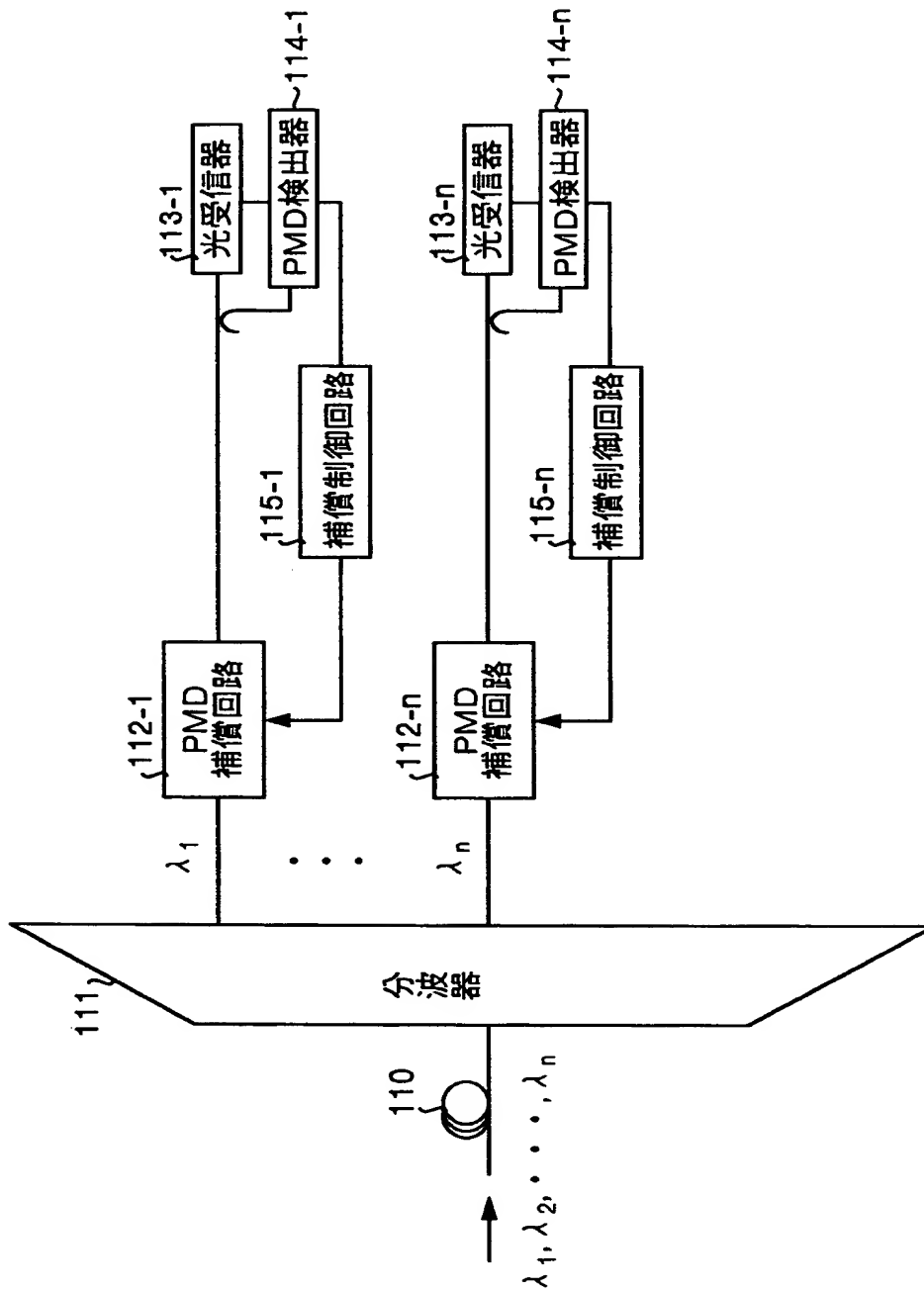
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 波長多重化された光信号のPMD補償を高速かつ高精度に行うとともに、小型軽量化を実現すること。

【解決手段】 波長多重化されて伝送される光信号を所定チャネルブロック毎に分波する分波器11と、分波器11によって分波された光信号毎にPMD補償を行う複数のPMD補償回路13と、各PMD補償回路13から出力された光信号内の所望波長をもつ光信号を選択出力する波長可変フィルタ17と、波長可変フィルタによって波長選択された光信号をもとに、ジョーンズマトリクス法を用いて偏光解析を行う複数の偏光解析部19と、各偏光解析部19の解析結果をもとに各PMD補償回路13によるPMD補償を制御する複数の補償制御部16とを備える。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

氏 名 三菱電機株式会社